

таблицы критериев можно будет построить множество возможных решений, из которого уже и можно будет найти парето-оптимальное множество.

1. Выбор оптимальных стратегий развития университета с помощью множества Парето: сб. тез V междунар. науч. конф., Екатеринбург, 14-18 мая 2018 г. / ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина». – Екатеринбург : УрФУ, 2018. – 17 с.
2. Ногин В. Д. Принятие решений при многих критериях / В. Д. Ногин. – Санкт-Петербург : Ютас, 2007. – 103 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ

Гец В.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

*E-mail: nika.gets@mail.ru

USING THE PHENOMENOLOGICAL MODEL OF THE HYSTERESIS LOOP FOR MODELING THE MAGNETIC PROPERTIES OF STEEL

Gets V.A.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Testing the applicability of a mathematical model based on the Takagi's theory for modeling hysteresis loops, conducting an experiment to remove hysteresis loops, creating a program using Takagi's theory.

При производстве генераторов, электрических моторов, электроизмерительных приборов и звукозаписывающих аппаратов используют ферромагнетики. В процессе использования ферромагнитные материалы подвергаются воздействию механических нагрузок, для изучения этих нагрузок используют проведение реальных опытов, которые являются трудоемким и дорогостоящим процессом. Упростить эту задачу можно с помощью математического моделирования. Проанализировав, существующие модели петли гистерезиса выбрана модель за основу, которой взяты выражения из теории Такаги. Для проверки модели взяты образцы разных марок стали, таких как: сталь 20, 09Г2С, 30ХГСА, 40Х. Проведен эксперимент по снятию петель гистерезиса у данных образцов с использованием магнитного структуроскопа КРМ-Ц-К2М. Для увеличения точности полученных измерений проводились по три измерения для каждой марки стали. При наложении трех петель на один график петли совпали, что свидетельствует о достоверности полученных данных

На основе использованной модели была составлена компьютерная программа в среде Borland Delphi 7, позволяющая моделировать петли гистерезиса. Изменяя нормированные параметры пропорциональные напряженности магнитного поля (H), коэрцитивной силе (H_c), механическим нагрузкам (δ), магнитной проницаемости (μ) изменяем форму петли Гистерезиса. Получены результаты для каждого образца. Пример для стали 09Г2С изображен на рис. 1.

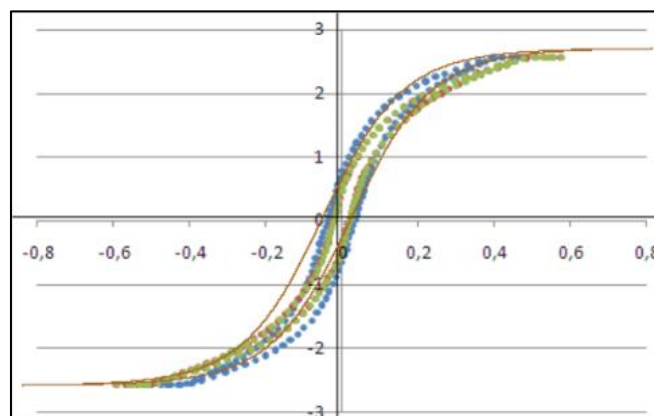


Рис. 1. График экспериментальных и моделируемых петель для стали 09Г2С.

По результатам работы наибольшее совпадение теоретических и экспериментальных петель было для образцов марки: сталь 20, 09Г2С, а наименьшее совпадение было у образцов марки: 30ХГСА, и 40Х. Стали: сталь 20, 09Г2С, относятся к магнитомягким сталям. Магнитомягкие стали обладают невысокой коэрцитивной силой и высокой индукцией насыщения. Изделия из таких материалов подвергают отжигу для достижения равновесной структуры. Характерной чертой для магнитомягких материалов является гомогенная структура и крупное зерно. Стали: 30ХГСА, 40Х, относятся к магнитотвердым сталям. Магнитотвердые стали характеризуются высокими значениями коэрцитивной силы. Для получения высоких магнитных свойств стали подвергают термической обработке, закалка на мартенсит обеспечивает высокое значение коэрцитивной силы вследствие больших закалочных напряжений.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что программа, составленная по модели Такаги, подходит для моделирования петель гистерезиса магнитомягких сталей. Моделирование, представленное в данной работе, может стать альтернативой экспериментальным и дорогостоящим измерениям.

1. Проботюк В.В., Математическая модель магнитоупругого преобразователя и его гармоническое представление: диссертация к.т.н: 05.13.18 / Проботюк Владимир Викторович. - Тюмень, 2005. - 112с.